

B. LAIGNELET

**Modifications de quelques caractéristiques des semoules au cours de leur transformation en pâtes alimentaires, influences variétales**

*Statistique et analyse des données*, tome 1, n° 2 (1976), p. 89-103

[http://www.numdam.org/item?id=SAD\\_1976\\_\\_1\\_2\\_89\\_0](http://www.numdam.org/item?id=SAD_1976__1_2_89_0)

© Association pour la statistique et ses utilisations, 1976, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Statistique et analyse des données » implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme  
Numérisation de documents anciens mathématiques  
<http://www.numdam.org/>

MODIFICATIONS DE QUELQUES CARACTERISTIQUES DES SEMOULES AU COURS DE  
LEUR TRANSFORMATION EN PATES ALIMENTAIRES  
INFLUENCES VARIETALES

B. LAIGNELET  
Laboratoire de Technologie des Blés Durs et du Riz  
Institut National de la Recherche Agronomique  
34060 Montpellier Cedex

I - INTRODUCTION

Facteur important de la qualité, la coloration des pâtes alimentaires est la résultante de deux composantes jaune (favorable) et brune (défavorable) que des indices spécifiques -l'indice de jaune et l'indice de brun- permettent de mesurer. Des pigments jaunes, les pigments caroténoïdes, sont responsables de la couleur jaune ; ils peuvent devenir incolores après dégradation par une enzyme, la lipoxygénase. On observe par ailleurs que les semoules dont l'indice de brun est élevé se caractérisent à la fois par une forte teneur en protéines et d'importantes activités d'une enzyme particulière, la peroxydase. Des composés phénoliques, susceptibles de former par oxydation et polymérisation des constituants colorés en brun, pourraient intervenir dans ce brunissement.

Des travaux antérieurs ont montré qu'au cours de la fabrication des pâtes alimentaires, les indices de brun et de jaune ainsi que les teneurs en pigments caroténoïdes et en composés phénoliques subissaient des variations relatives d'une amplitude différente selon les variétés de blé dur utilisées.

69 Echantillons de blé dur appartenant à 8 variétés cultivées dans diverses régions de France en 1972 et en 1974 ont été analysés (Tableau 1).

Après mouture au laboratoire, nous avons déterminé les teneurs en matières minérales, en protéines, en pigments caroténoïdes et en composés phénoliques des semoules ainsi que leurs indices de jaune et de brun et leur activité peroxydasique. Après transformation des semoules en pâtes alimentaires, les teneurs en pigments caroténoïdes et en composés phénoliques et les indices de jaune et de brun des produits secs obtenus ont été mesurés.

En définitive nous sommes en présence d'un ensemble de mesures de 7 variables (Tableau 2) sur 69 échantillons.

TABLEAU 1 - VARIETES DE BLE DUR ETUDIEES

<u>Variétés</u>	<u>Année de récolte</u>		<u>TOTAL</u>
	<u>1972</u>	<u>1974</u>	
Agathé	6	4	10
Bidi 17	10	4	14
Montferrier	5	-	5
Brumaire	5	4	9
Durtal	9	4	13
Lakota	3	4	7
Wells	4	2	6
311	5	-	5
Total	47	22	69

TABLEAU 2 - LISTE DES VARIABLES ETUDIEES

<u>Numéro</u>	<u>Nom</u>	<u>Unités</u>	<u>Symbole</u>
1	Teneur en matières minérales des semoules	p. 100 MS	MM
2	Teneur en protéines (N x 5,7) des semoules	p. 100 MS	N <sub>T</sub>
3	Augmentation relative <sup>(1)</sup> de l'indice de brun	p. 100 IB semoule	d IB
4	Diminution relative <sup>(1)</sup> de l'indice de jaune	p. 100 IJ semoule	d IJ
5	Diminution relative <sup>(1)</sup> de la teneur en pigments caroténoïdes	p. 100 Car semoule	d Car
6	Diminution relative <sup>(1)</sup> de la teneur en composés phénoliques	p. 100 CP semoule	d CP
7	Activité de la peroxydase des semoules	Δ D.O./mn	PO

(1) Différences entre les résultats des analyses sur pâtes alimentaires et sur semoules exprimées en pourcentage des résultats de l'analyse sur semoules.

## II - ETUDE GLOBALE DES DONNEES

Le Tableau 3 résume les résultats d'une analyse en composantes principales sur les données centrées et réduites.

L'étude des représentations obtenues dans le premier plan principal F1 - F2 qui comprend à lui seul 67,04 p 100 de l'inertie totale du nuage (Figure 1) montre que toutes les variables, à l'exception de la variation relative d'indice de brun, interviennent positivement dans la formation du premier axe factoriel. Cet axe est donc celui qui permet de classer les échantillons selon leur aptitude à perdre leur couleur jaune et leurs pigments et selon leur activité peroxydasique.

Le deuxième axe est presque exclusivement composé de la variation relative des indices de brun qui est d'autant plus forte que la minéralisation et la teneur en protéines sont plus faibles. Il y a également une tendance à associer les variations des indices de brun et des indices de jaune.

D'un autre point de vue, il existe deux groupements de variables très corrélées entre elles :

- teneur en matières minérales et teneur en protéines d'une part,
- variations relatives des indices de jaune, des teneurs en pigments caroténoïdes et en composés phénoliques et, dans une moindre mesure, des activités peroxydasiques d'autre part.

Nous ne nous étendrons pas sur ces associations de variables. En effet l'observation de la répartition des échantillons dans le plan principal conduit à distinguer deux groupes de variétés selon leur position sur le premier axe factoriel. Le deuxième axe factoriel n'intervient pas dans cette distinction.

*1er groupe : groupe "Méditerranéen" : Agathé, Bidi 17, Montferrier et Brumaire : Ces quatre variétés possèdent dans leur patrimoine génétique la variété Oued Zenati, originaire d'Afrique du Nord.*

*2ème groupe : groupe "Nord Américain" : Durtal, Lakota, Wells et 311 très parentes entre elles car toutes issues de géniteurs Nord-Américains.*

## III - DISCRIMINATION DES BLES EN DEUX GROUPES

On peut alors se demander si une analyse discriminante ne permettrait pas d'attribuer avec sûreté un échantillon caractérisé par les 7 variables prises en considération dans l'un ou l'autre groupe.

Les puissances discriminantes de chaque variable prise individuellement sont données Tableau 4.

TABLEAU 3 - ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

Tous les blés : 7 variables x 69 individus

Matrice des corrélations

	MM	N <sub>T</sub>	d IB	d IJ	d Car	d CP	PO
MM	1						
N <sub>T</sub>	0.573	1					
d IB	- 0.174	- 0.260	1				
d IJ	0.264	0.305	0.191	1			
d Car	0.206	0.306	0.200	0.610	1		
d CP	0.191	0.295	0.049	0.648	0.538	1	
PO	0.434	0.438	- 0.033	0.581	0.359	0.711	1

Eléments propres de la matrice de corrélation

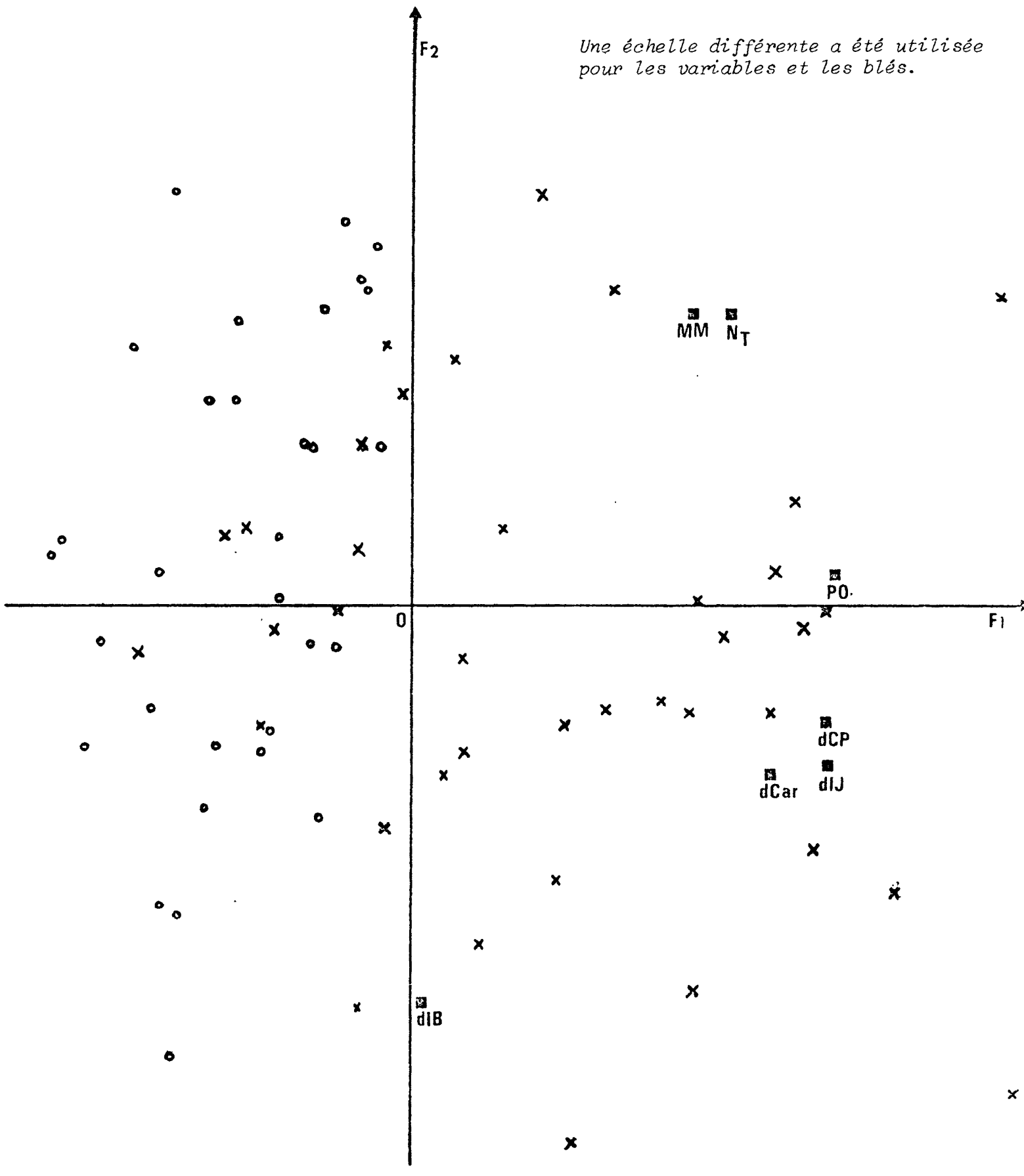
Valeur propre	Pourcentage de variance	
	simple	cumulé
3.20	45.66	45.66
1.50	21.38	67.04
0.77	11.01	78.05

Corrélations variables — composantes principales

Variables	F 1	F 2	F 3
MM	0.559	0.558	- 0.443
N <sub>T</sub>	0.628	0.552	- 0.243
d IB	0.021	- 0.774	- 0.520
d IJ	0.809	- 0.321	0.022
d Car	0.701	- 0.345	- 0.180
d CP	0.812	- 0.237	0.388
PO	0.827	0.062	0.247

FIGURE 1 - ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES. REPRESENTATION DES VARIABLES ET DES BLES

DANS LE PREMIER PLAN FACTORIEL



*Une échelle différente a été utilisée pour les variables et les blés.*

Légende  
 ■ : variable  
 x : blé "Méditerranéen"  
 o : blé "Nord Américain"

TABLEAU 4 - PUISSANCE DISCRIMINANTE DE CHAQUE VARIABLE

Variable	Moyenne		Différence d	Ecart-type s	d/s	Probabilité d'erreur de classification	Ordre
	Groupe I "Méditerranéen"	Groupe II "Nord Américain"					
MM	0.718	0.680	0.0378	0.094	0.40	42.1	5
NT	12.11	11.68	0.43	1.618	0.27	44.6	6
d IB	20.63	19.46	1.176	10.033	0.12	47.2	7
d IJ	32.83	18.66	14.168	12.920	1.10	29.1	3
d Car	52.08	40.05	12.031	19.589	0.61	38.0	4
d OP	34.70	8.08	26.628	17.557	1.52	22.4	2
PO	0.327	0.046	0.2814	0.170	1.65	20.5	1

Les deux groupes se distinguent principalement par leur activité peroxydasique et l'importance des variations des composés phénoliques, des indices de jaune et des pigments caroténoïdes ; ils sont équivalents par leurs teneurs en matières minérales et en protéines et leur variation des indices de brun.

A partir de ces variables, il est possible de calculer une fonction discriminante. La valeur propre correspondante est 4,20 ce qui équivaut à une part de variance totale expliquée par la variance entre points moyens de 0,808. Seuls deux échantillons (soit 2,9 % de l'ensemble) de la variété *Brunaire* appartenant au groupe I sont mal classés, ainsi que cela ressort du Tableau 5 et de la figure 2.

TABLEAU 5 - ATTRIBUTION DES ECHANTILLONS DANS LES GROUPES

Groupe de départ	Groupe d'affectation		Total
	I "Méditerranéen"	II "Nord Américain"	
I "Méditerranéen"	36	2	38
II "Nord Américain"	0	31	31
Total	36	33	69

Ces observations montrent qu'il est nécessaire de faire une étude séparée de chaque groupe ; les différences génétiques risqueraient en effet de conduire à une interprétation erronée des corrélations.

#### IV - ETUDE SEPARÉE DE CHAQUE GROUPE DE BLE

Les résultats des analyses en composantes principales effectuées sur chaque groupe sont rassemblés dans les Tableaux 6 et 7.

La visualisation qui en découle dans le premier plan constitue les Figures 3 et 4.

Observons d'abord la répartition des individus. On ne remarque aucune configuration particulière, dans l'une et l'autre représentation, selon les variétés. Celles-ci se ressemblent donc ; ce sont les mêmes phénomènes biochimiques qui se produisent au sein de chaque groupe.



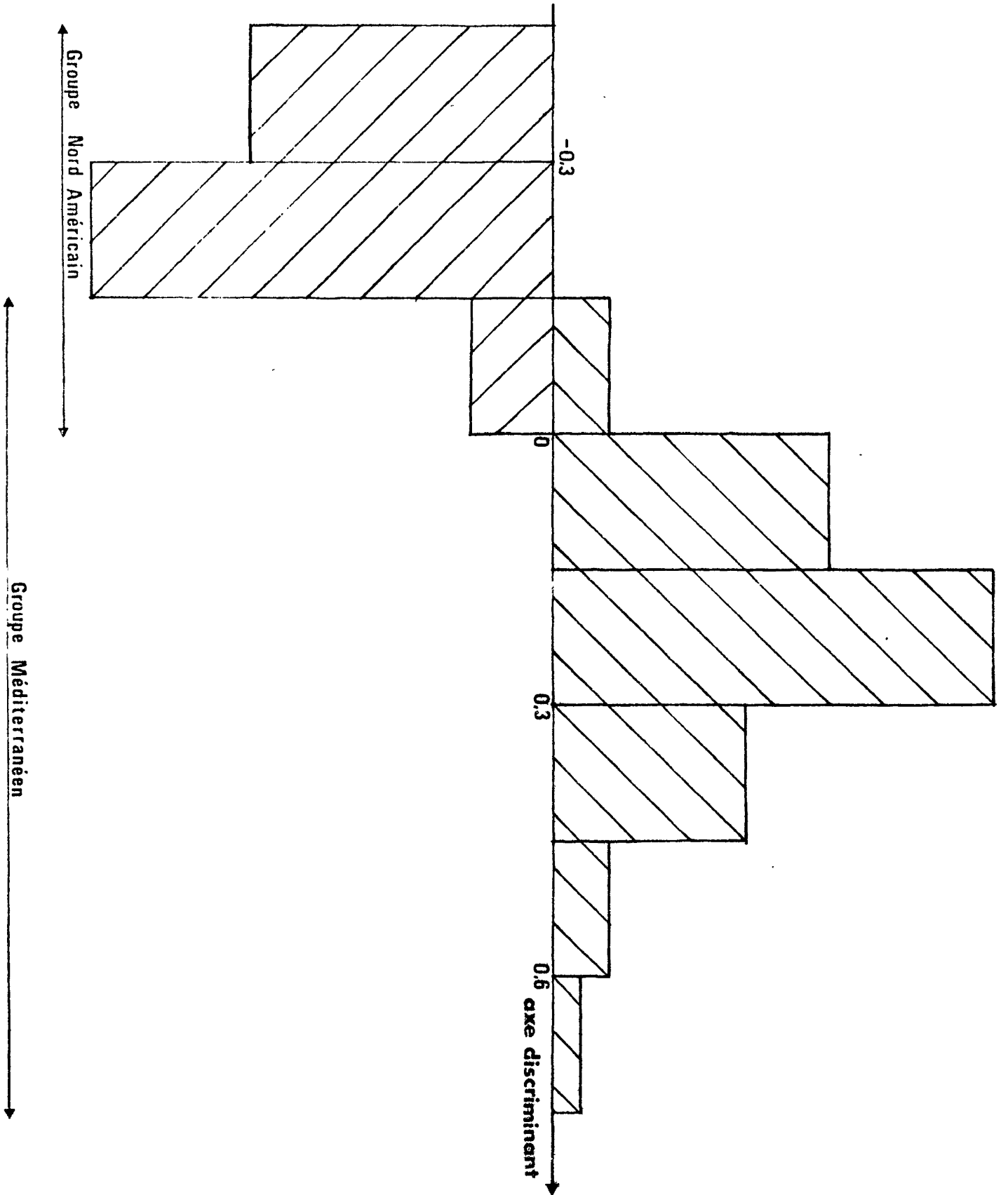


FIGURE 2 - HISTOGRAMME DE LA REPARTITION DES INDIVIDUS SUR L'AXE DISCRIMINANT

TABLEAU 6 - ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

Blés du groupe I "Méditerranéen" : 7 variables x 38 individus

## Matrice de corrélations

	MM	N <sub>T</sub>	d IB	d IJ	d Car	d CP	PO
MM	1						
N <sub>T</sub>	0.552	1					
d IB	- 0.162	- 0.213	1				
d IJ	0.298	0.436	0.087	1			
d Car	0.228	0.399	0.303	0.622	1		
d CP	0.089	0.329	0.191	0.605	0.790	1	
PO	0.573	0.754	- 0.205	0.299	0.217	0.254	1

## Eléments propres de la matrice de corrélation

Valeur propre	Pourcentage de variance	
	simple	cumulé
3.17	45.28	45.28
1.78	25.43	70.71
0.74	10.57	81.28

## Corrélations variables - composantes principales

Variables	F 1	F 2	F 3
MM	0.602	0.494	0.371
N <sub>T</sub>	0.799	0.404	0.027
d IB	0.010	- 0.704	0.687
d IJ	0.760	- 0.277	- 0.198
d Car	0.762	- 0.519	- 0.034
d CP	0.719	- 0.515	- 0.260
PO	0.702	0.518	0.160

TABLEAU 7 - ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

Blés du groupe II "Nord Américain" : 7 variables x 31 individus

## Matrice des corrélations

	MM	N <sub>T</sub>	d IB	d IJ	d Car	d CP	PO
MM	1						
N <sub>T</sub>	0.596	1					
d IB	- 0.246	- 0.354	1				
d IJ	- 0.115	- 0.037	0.399	1			
d Car	- 0.013	0.077	0.023	0.388	1		
d CP	- 0.034	0.262	- 0.413	- 0.249	- 0.419	1	
PO	0.133	0.148	- 0.003	0.150	0.151	0.037	1

## Éléments propres à la matrice de corrélation

Valeur propre	Pourcentage de variance	
	simple	cumulé
2.17	31.00	31.00
1.65	23.57	54.57
0.98	14.00	68.57

## Corrélations variables - composantes principales

Variables	F 1	F 2	F 3
MM	0.522	0.589	- 0.349
N <sub>T</sub>	0.627	0.598	- 0.059
d IB	- 0.739	- 0.047	0.032
d IJ	- 0.595	0.446	0.265
d Car	- 0.409	0.638	- 0.111
d CP	0.660	- 0.314	0.501
PO	0.033	0.489	0.722

FIGURE 3 - ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES. REPRESENTATION DES VARIABLES ET DES BLES "MEDITERRANEENS" DANS LE PREMIER PLAN FACTORIEL

*Les blés d'une même variété sont à l'intérieur d'une même courbe.  
Une échelle différente a été utilisée par les variables et les blés.*

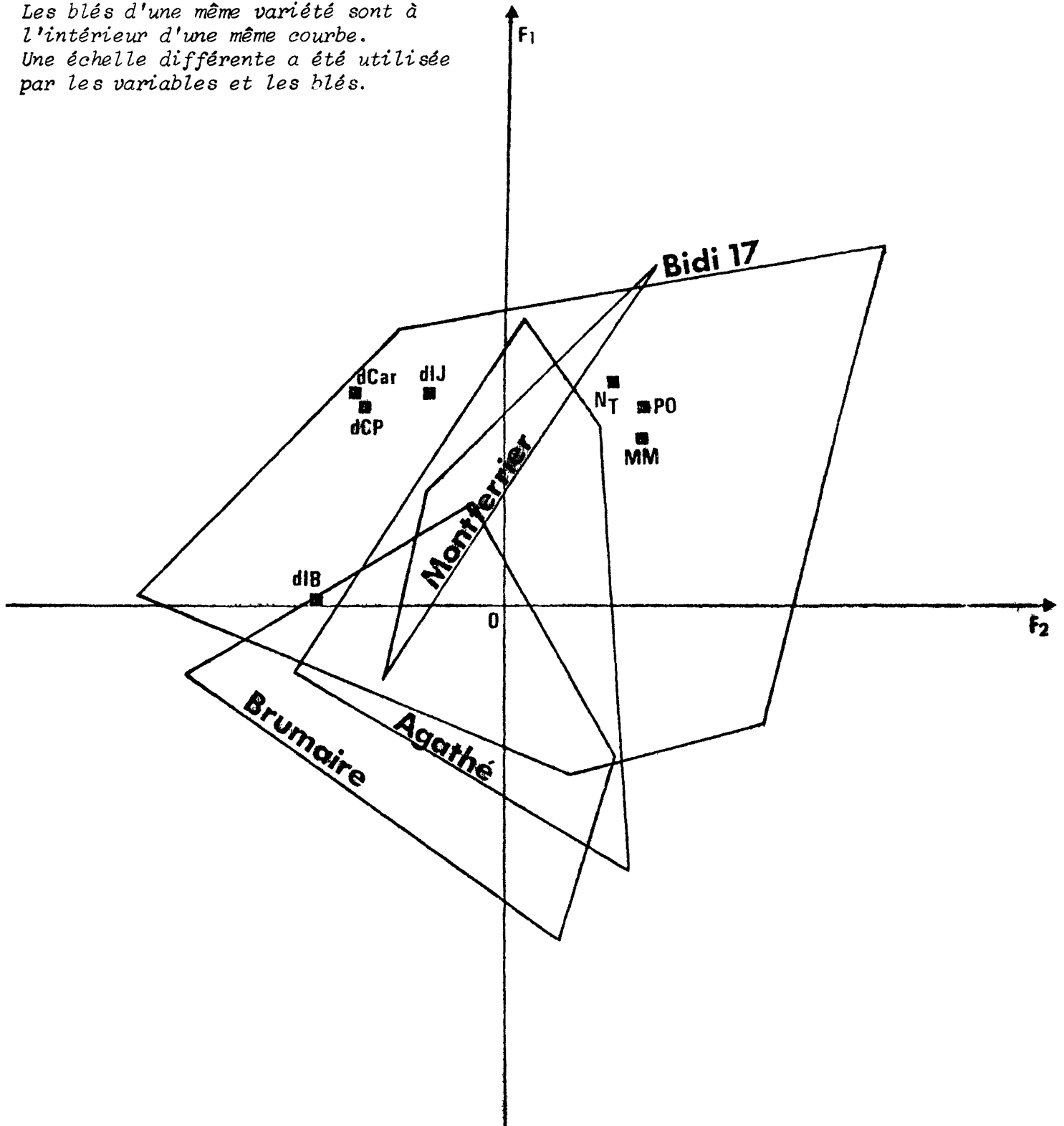
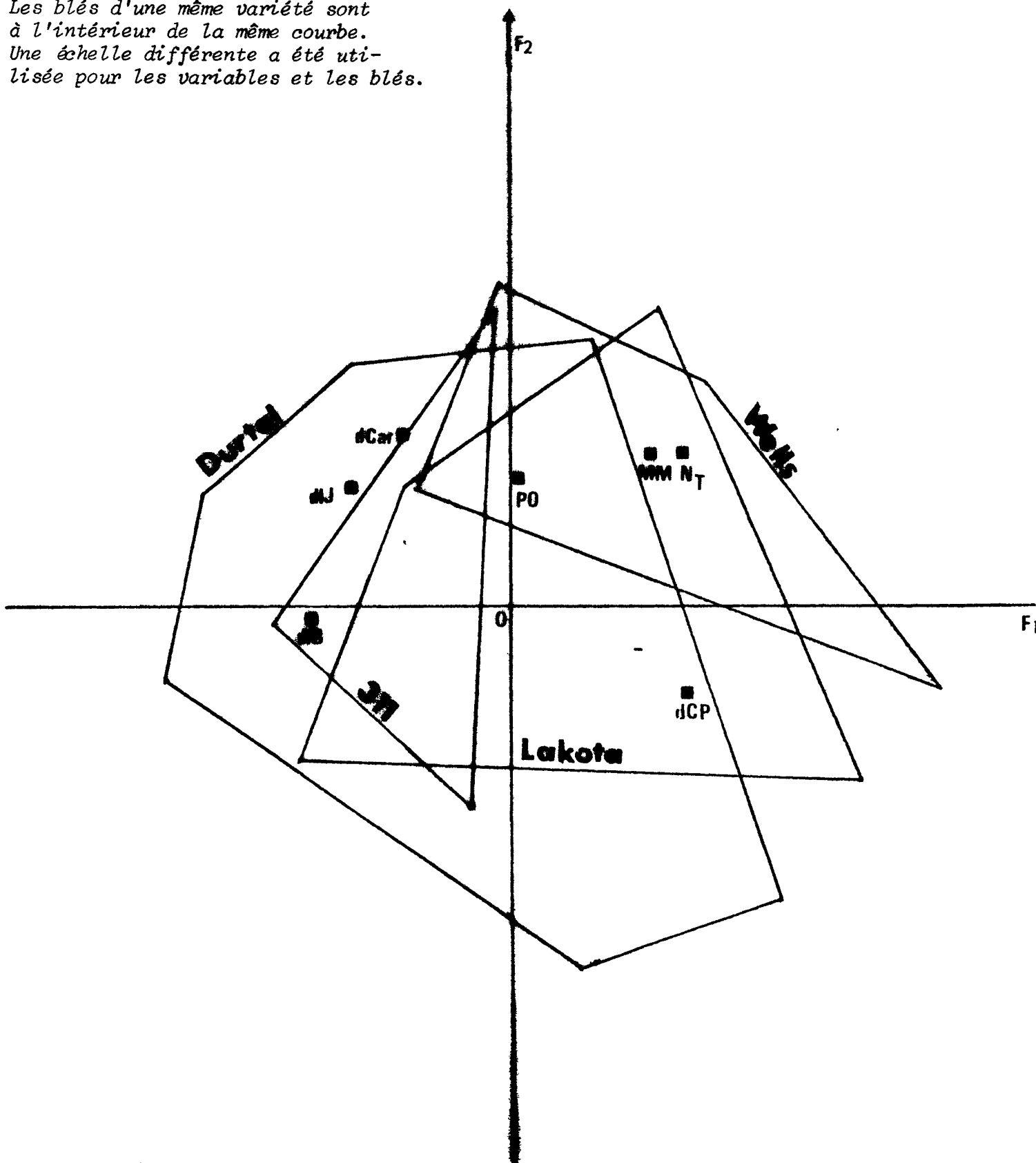


FIGURE 4 - ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES. REPRESENTATION DES VARIABLES ET DES BLES

"NORD AMERICAINS" DANS LE PREMIER PLAN FACTORIEL

Les blés d'une même variété sont à l'intérieur de la même courbe. Une échelle différente a été utilisée pour les variables et les blés.



En ce qui concerne les variables, on observe pour les deux groupes des phénomènes analogues et des points de divergence : il y a un regroupement des variables caractérisant la minéralisation et la teneur en protéines des semoules, ce qui traduit la forte corrélation, déjà mise en évidence par d'autres auteurs, qui existe entre ces deux mesures.

A cet ensemble de deux variables, on peut rattacher d'une façon très nette pour le groupe I "Méditerranéen" et d'une façon un peu plus lâche pour le groupe II "Nord Américain" la valeur de l'activité peroxydasique. Autrement dit une semoule est d'autant plus minéralisée qu'elle est plus riche en protéines et le plus souvent ce phénomène s'accompagne d'un accroissement de l'activité de la peroxydase.

On observe d'autre part que les variations relatives des indices de jaune d'IJ et les teneurs en pigments caroténoïdes d'Car sont positivement corrélées entre elles. Ceci s'explique par le fait que la mesure de l'indice de jaune d'une semoule est en quelque sorte une estimation de sa teneur en pigments caroténoïdes.

Lorsque les teneurs en matières minérales, en protéines et en peroxydases des semoules sont élevées, on constate une forte variation de l'indice de jaune et de la teneur en pigments caroténoïdes, notamment dans le groupe I "Méditerranéen".

On observe aussi qu'une variation de la couleur jaune et/ou de la teneur en pigments caroténoïdes a lieu parallèlement à une variation de l'indice de brun, surtout dans le cas des variétés du groupe II "Nord Américain".

La divergence essentielle entre les deux groupes se situe dans l'évolution des composés phénoliques ; leur variation est corrélée aux variations d'indice de brun d'IB, d'indice de jaune d'IJ et de teneur en pigments caroténoïdes d'Car mais positivement dans le groupe I "Méditerranéen" et négativement dans le groupe II "Nord Américain".

Une étude biochimique plus complète pourrait peut être expliquer cette différence.

Il est intéressant de constater que le plan factoriel F1-F2 où sont représentées les variables pour les blés "méditerranéens" correspond approximativement au plan factoriel F2-F1 où sont représentées les variables pour les blés "nord américains" (à l'exception de d'CP). Ceci indique en particulier que la variabilité de d'IB est plus forte dans le deuxième groupe de blés que dans le premier. Les blés "méditerranéens" par contre possèdent une plus grande variabilité pour les autres caractères que les blés "nord américains".



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### 1° Sur la couleur des pâtes alimentaires

- LAIGNELET B., KOBREHEL K. et FEILLET P., 1972. Le problème de la coloration des pâtes alimentaires. *Industr. Alim. Agric.*, 89, 413-427.
- FEILLET P., JEANJEAN M.F., KOBREHEL K. et LAIGNELET B., 1974. Le brunissement des pâtes alimentaires. *Bull. EFM*, 262, 190-194.

### 2° Sur les méthodes statistiques utilisées

- ESCOUFIER Y., 1973-1974. Cours d'analyse des données. DEA d'Informatique appliquée. USTL, Montpellier.
- LEBART L. et FENELON J.P., 1973. Statistique et informatique appliquées. 2° ed., 457 pp., Dunod, Paris.